„Verfahren und Vorrichtung zur lokalen Temperierung von metallischen Blechhalbzeugen“

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik: Frank Schieck, Technische Universität Chemnitz: Stefan Göschel, Norbert Pierschel

Es werden vorzugsweise im Bereich der Blechumformung zwei Anwendungsgebiete fokussiert. Zum einen die Umformung von Blechen, welche in kaltem Zustand eine hohe Festigkeit und/oder ein geringes Formänderungsvermögen aufweisen (bspw. hochfeste Stähle, Magnesium, Titan). Durch die erfindungsgemäße gezielte Erwärmung einzelner Bereiche des Blechs lässt sich deren Umformbarkeit in den Bereichen erhöhen bzw. die Prozesskräfte senken, in denen es durch die Bauteilgeometrie erforderlich ist. Zum anderen ist das Blechumformverfahren Presshärten als Anwendungsgebiet anzuführen. Durch die erfindungsgemäße lokale Temperierung des Bauteils während des Umform- und Abkühlvorgangs kann die Verfestigung des Blechs gezielt verhindert werden, wodurch sich im Bauteil Zonen mit definierten Härte- und Festigkeitseigenschaften erzeugen lassen. Dies wirkt sich positiv auf nachfolgende Prozessschritte wie mechanisches und thermisches Fügen, mechanisches Beschneiden und Nachform- bzw. Abstelloperationen aus.

Der Erfindung liegen zwei technische Probleme zugrunde:
Auf dem Gebiet des Presshärtens - der Herstellung hochfester Strukturbauteile aus Stahl durch eine Verfahrenskombination aus Umformung und Wärmebehandlung - bestehen aktuell Probleme insbesondere bei Beschnitt- und Wärmebehandlungsoperationen. So kann mechanisches Fügen wie Clinchen oder Nieten, als Alternative zum thermischen Fügen, erst nach einem Vorloch- oder Weichglühprozess, also einem zusätzlichem Prozessschritt, durchgeführt werden. Dies gewinnt besonders vor dem Hintergrund des zunehmenden Materialmischbaus in Automobilen an Bedeutung, wo thermisches Fügen aufgrund von Werkstoffkombinationen wie Stahl-Magnesium oder Stahl-Faserkunststoffverbund derzeit nicht prozesssicher anwendbar ist.
Bei der Bearbeitung von hochfesten metallischen Werkstoffen ist eine plastische Formänderung aufgrund der hohen Prozesskräfte oder des geringen Formänderungsvermögens nur eingeschränkt oder gar nicht prozesssicher möglich (bspw. beim Biegen kleiner Radien).

Eine umfassende Recherche des Standes der Technik ergab, dass eine Erwärmung kleiner Flächen auf dem Blech derzeit mittels spezieller mechanisch arbeitender Einsätze im Werkzeug vorgenommen werden kann [HAVE12]. Diese Einsätze unterliegen durch den ständigen Kontakt mit dem Bauteil einem starken Verschleiß, wodurch ihre Funktion und somit die Bauteilqualität nicht sichergestellt werden können. Weiterhin wird in [KRAUS12] die lokale Erwärmung von metallischen Blechen mittels eines Laserstrahls beschrieben. Der Laserstrahl wird dabei außerhalb des Werkzeugs erzeugt und fokussiert und anschließend über ein Spiegelsystem in das Werkzeug auf das Blech geleitet. Nachteilig an dieser Art der Laserführung ist die, bedingt durch die starken Schwingungen der Presse und der umliegenden Anlagen, notwendige starke Entkopplung des Laser-Spiegelsystems vom Werkzeug und den Produktionsanlagen, was Auswirkungen auf die Prozesssicherheit und die Bauteilqualität hat. Weiterhin ist durch das aufwendige Spiegelsystem die Zugänglichkeit im Werkzeug eingeschränkt und die Anzahl der temperierbaren Bereiche im Blech ist gering.
Eine lokale Temperierung des Blechs ist sonst nur noch außerhalb des Werkzeugs möglich, was sich jedoch negativ auf die Taktzeiten, die notwendige Anlagentechnik und den Bedarf

an Produktionsfläche auswirkt. Möglichkeiten sind hier eine Erwärmung mittels Lasersystemen [PUDE12, LOEC11] oder durch induktive Erwärmung [NN12].

3. Lösungsweg

Beim gewählten Lösungsweg erfolgt die Erwärmung des Blechs über einen Laserstrahl. Dieser wird durch Energieumwandlung in einer außerhalb des Werkzeugs platzierten Laser-Einheit erzeugt. Das Laserlicht wird mittels Lichtleitkabel in die sog. „Beam-Box“ geleitet. Unter Verwendung von Beam-Splittern kann der eingehende Laserstrahl nun in eine bestimmte Anzahl von Strahlen definierter Intensität aufgeteilt werden. Die Anordnung einer oder mehrerer optischer Elemente zur definierten Strahlverteilung wird unter dem Begriff „Beam-Box“ geführt. Die Funktionsweise der Erzeugung, Leitung und Fokussierung des Laserstrahls ist dabei an robotergestützte Schneid- und Schweißanlagen angelehnt.

Die für die variierenden Werkzeuggeometrien notwendige Fokussierung der Laserstrahlen kann über zwei verschiedene Varianten erfolgen, welche nachfolgend beschrieben werden.

Variante 1:

Gemäß der ersten Variante befinden sich die zugehörigen Fokussiereinheiten im Inneren der „Beam-Box“. Die Strahlen werden direkt nach den Beam-Splittern mit Hilfe eines optischen Elements auf die gegebene Distanz zum Werkstück fokussiert. Die Richtung der aus der „Beam-Box“ ausgehenden Strahlen kann durch eine definierte Ausrichtung der optischen Elemente erfolgen. Eine weitere Möglichkeit ist der Einsatz von Galvanometern, welche neben einer exakten punktuellen Ausrichtung auch das projizieren von definierten Konturen (Linienzüge, Kreise, Ellipsen, …) ermöglichen. Das Werkzeug ist mit entsprechenden Kanälen zur Durchleitung des Laserstrahls versehen. Trifft der Laserstrahl auf das Werkstück, erwärmt er es. Das Prinzip der ersten Variante ist in Abbildung 1 dargestellt.

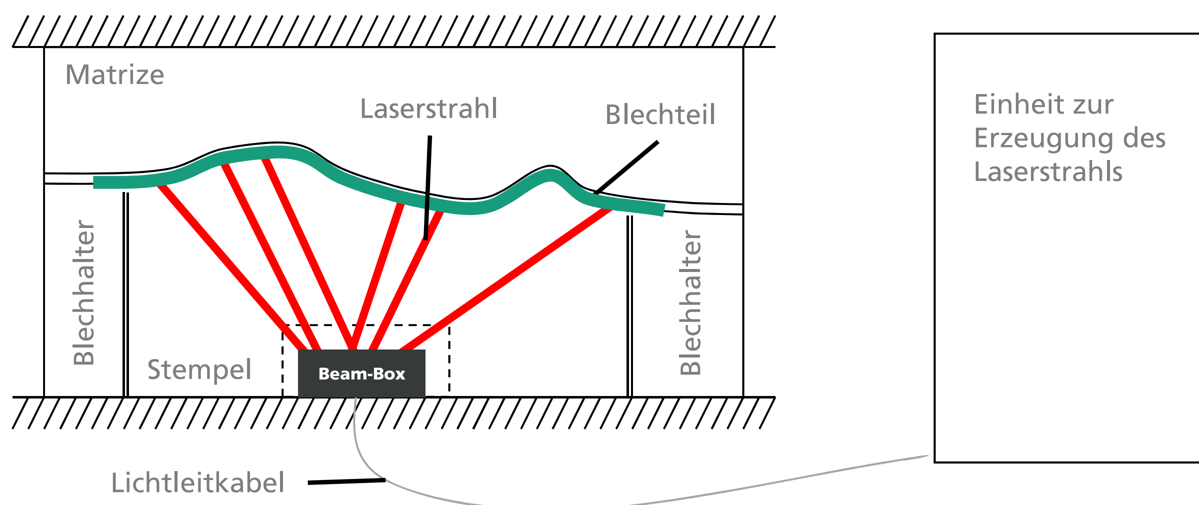


Abbildung 1: Darstellung der "Beam-Box" zur Strahlauf- und verteilung und im Werkzeug

Der Grad der Erwärmung wird dabei durch die Intensität des Laserstrahls und die Bestrahlungsdauer bestimmt. Durch die in der „Beam-Box“ integrierten optischen Elemente wird eine vollständige Entkopplung vom Umformwerkzeug erreicht. Des weiteren ist der Einsatz von Galvanometern zur definierten Erzeugung von Konturen möglich.

Der vom Werkzeug getrennte Aufbau der „Beam-Box“ hat den Vorteil, dass diese universell für mehrere Werkzeuge einsetzbar ist und das Erwärmen von Konturen ermöglicht. Die Verwendung weiterer optischen Elemente ist nicht notwendig.

Variante 2:
Ähnlich wie die beschriebene erste Variante der „Beam-Box“ enthält die zweite Variante ebenfalls „Beam-Splitter“ zur definierten Aufteilung der Strahlen bzw. Strahlintensität. Lediglich die Fokussierung der Strahlen auf das Werkstück wird durch außerhalb angeordnete optische Elemente erreicht. Die separierten Laserstrahlen werden mittels Lichtleitkabel zu den im Werkzeug angeordneten Elementen transportiert und dort auf den vorhandenen Abstand zum Werkstück fokussiert. Die prinzipielle Anordnung der „Beam-Box“ und Fokussiereinheiten ist in Abbildung 2 dargestellt.

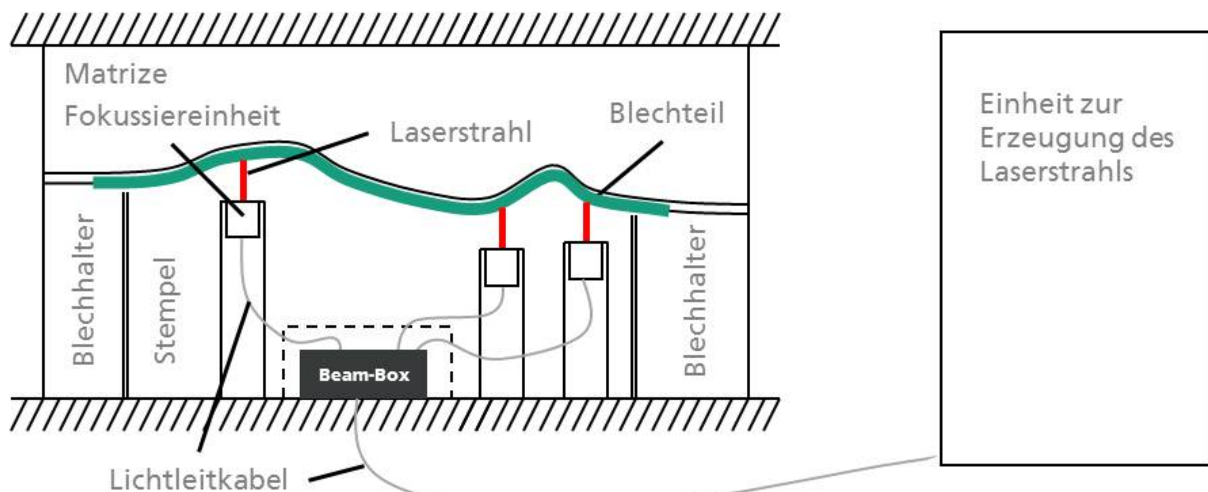


Abbildung 2: Darstellung der "Beam-Box" zur Strahlaufteilung und im Werkzeug und Anordnung der Fokussiereinheiten

Wie auch in Variante 1 beschrieben, sind zur Durchleitung der Laserstrahlen im Werkzeug eingebrachte Kanäle notwendig. Die Fokussiereinheiten sind direkt unterhalb der Bohrungen angebracht und fest mit dem Werkzeug verbunden. Die Kopplung mit der „Beam-Box“ erfolgt über die beschriebenen Lichtleitkabel.
Vorteil dieser beschriebenen Variante ist der Entfall von beweglichen Elementen (z.B. Galvanometer). Vor der Anwendung müssen die Fokussiereinheiten mit der „Beam-Box“ verbunden werden. Mit einem entsprechenden Steuerungsaufwand können in jede Fokussiereinheit entsprechende Galvanometer integriert werden, welche dann auch die Projektion von Konturen ermöglichen.

Die in beiden Varianten beschriebenen Vorgehensweisen ermöglichen die individuelle Erwärmung definierter Bauteilbereiche. Die Temperatur der Bereiche kann durch die Dauer und Intensität der Bestrahlung gesteuert werden.

Ziel der Erfindung ist die definierte lokale Erwärmung eines metallischen Werkstücks mittels Laserstrahl zur gezielten Einstellung der mechanischen Eigenschaften. Die unter dem Begriff „Beam-Box“ geführten optischen Elemente dienen der definierten Verteilung des Laserstrahls.

Der Laserstrahl wird außerhalb des Werkzeugs in einer entsprechenden Anlage erzeugt. Anschließend wird dieser mittels eines Lichtleitkabels in das Werkzeug geleitet. Dies bietet den Vorteil, dass die Anlage zur Erzeugung des Laserstrahls nicht direkt am Werkzeug positioniert werden muss. Weiterhin ist durch die Verwendung von Lichtleitkabeln eine hohe Flexibilität und Prozesssicherheit gewährleiste, da eine aufwendige Schwingungs-entkopplung der Laseranlage nicht erforderlich ist. Der Laserstrahl wird in der Fokussiereinheit gebündelt und definiert auf das Werkstück projiziert. Eine Ausrichtung des Strahlengangs kann durch direkten Einsatz von Galvanometern oder eine definierte Ausrichtung der Fokussiereinheit erfolgen.

Vorteile der lokalen Erwärmung von metallischen Werkstücken sind die Erhöhung des Umformvermögens und eine Verringerung der Prozesskräfte in diesen Bereichen. Dadurch lassen sich die Materialeigenschaften optimal an die nachfolgenden Arbeitsschritte (bspw. Nachformen, Beschnitt) anpassen. Speziell auf das Verfahren Presshärten bezogen lassen sich durch die Erwärmung des Bauteils während des Presshärtens Bereiche verringerter Festigkeit gegenüber dem restlichen Bauteil erzeugen, was zu einer besseren Weiterverarbeitbarkeit hinsichtlich mechanischem und thermischen Fügen, mechanischem Beschneiden und Nachformoperationen führt.

Die Erwärmung des Bauteils mittels Laserstrahl im Werkzeug bietet den Vorteil, dass durch den hohen Energieeintrag je Flächeneinheit nur eine geringfügige Erwärmung der umliegenden Bereiche des Bauteils erfolgt, wodurch eine definierte Einstellung von Temperaturzuständen möglich ist. Weiterhin kann durch den Einsatz von Lasern der Werkzeugverschleiß minimiert werden, da es sich hierbei um eine berührungslose Erwärmung des Bauteils handelt.

Die wichtigsten Vorteile des Verfahrens sind die prozesssichere lokale Einstellung von Materialeigenschaften in Blechen mit hoher Genauigkeit. Weiterhin ist es durch den modularen Aufbau der „Beam-Box“ möglich, das System unabhängig von der Geometrie des Umformwerkzeugs einzusetzen. Dies reduziert die Kosten bei der Beschaffung der optischen Elemente.

Weiter Beispiele insbesondere in den Methoden der Strahl-Ausrichtung, der Strahl-Leitung, der Fokussierung und der Strahlteilung könne sein:

- Strahl-Ausrichtung: Projektoreinheit, Prisma
- Strahl-Leitung: direkte Leitung eines gebündelten Lichtstrahls in das Werkzeug durch die Luft, Lichtleitung in fluiden Medien
- Fokussierung: fluide Linse
- Strahl-Teilung: Strahlteilerfenster bzw. Strahlteilerwürfel

Anhand der Bauteiloberfläche (z. B. Anhaftungen, Spuren der Relativbewegung zwischen Bauteil und Werkzeug) lässt sich erkennen, ob die Mikrogradierung mit berührender oder berührungsloser Werkzeugtechnik erfolgt ist, so dass anhand des Werkzeuges und durch Auswertung der Daten der Prozessführung Verfahrensschritte dokumentiert werden können.

6. Literatur

[HAVE12] Haverkamp, J.: Verfahren zum Herstellen eines pressgehärteten Bauteils sowie Presshärtewerkzeug. Patentschrift Nr. DE 10 2011 053 118 B3, 20.12.2012

[KRAUS12] Krause, S.: Laser-assisted sheet metal machining achieves enhanced quality, part complexity and tool life. 07.02.2013, http://idw-online.de/pages/de/news503158

[PUDE12] Pudenz, K.: Verfahren zur lokalen Entfestigung von Blechen durch Wärmeeintrag. atz online, 09.10.2012, http://www.atzonline.de/index.php;do=show/id=16754/alloc=1

[LOEC11] Löcker, M.: Verfahren zur Herstellung eines Karosseriebauteils aus Stahl. Patent-schrift Nr. DE 10 2011 010 295 B4, 08.11.2012

[NN12] N. N.: Lokale Konditionierung von presshartem Vergütungsstahl für das Hybridfügen von Mischbaustrukturen. EFB-Forschungsprojekt 04/110, Paderborn, 19.01.2012